

厌氧法处理高浓度含酚废水的研究

王建民 顾国维

(同济大学环境工程学院)

摘要 研究了利用非严格厌氧的悬浮生长法与填料床处理高浓度含酚废水。试验表明,这一方法是可行的,并且出水具有良好的可生化性。悬浮生长法较推流式的填料床能适应更高的负荷。非严格厌氧的方法具有费用低、管理方便等特点。

时,出水酚仅为0.7mg/l。

考虑到运行与管理上的方便,我们用不严格厌氧的悬浮生长法与填料床法,对高浓度含酚废水的处理进行了探索、研究。

一、引言

酚类物质是原型质毒物,它不仅能抑制水体中细菌、藻类及软体动物的生长,而且在浓度为5~10mg/l时,能造成鱼类大量死亡。当水中酚浓度为0.002~0.015mg/l时,加氯消毒就会产生氯酚恶臭,影响饮用水质。

厌氧法处理含酚废水的研究,已有近30年的历史。海勒(J. B. Healy)^[1]在1978年首次证明,苯酚能厌氧降解生成 CH_4 与 CO_2 ;王(Y. T. Wang)等人^[2]在用活性炭解质厌氧膨胀床处理含酚废水时,在水力停留时间为1天、35℃恒温条件下,进水酚浓度为2959 mg/l

二、悬浮生长法

(一)实验装置与方法

本实验间歇运行。进水时停止搅拌,搅拌时停止进水。以时间控制装置,将进水与搅拌各1小时自动轮换。这种运行方式可免设二沉与污泥回流设备。反应器容积2.5升,打开橡皮塞可直接取样测定。装置见图1。

反应器置于35℃的恒温箱内,用工业苯酚

A STUDY ON ENVIRONMENTAL IMPACT OF THE ZHUYUAN OUTFALL

Gu Youzhi

(Shanghai Research Institute of Environmental Protection)

Dai Weiming, Chen Boqi

(Shanghai Environmental Monitoring Centre)

Abstract

The Zhuyuan Outfall for Shanghai Combined Sewerage Project Stage I has a diffuser system to discharge 1.70 million tonnes of wastewater per day into the deep water of the Chang Jiang estuary. Based on the hydrological regime and status quo of the qualities of water, substrate and ecosystem in the estuary, through sewage dispersion modelling test and calculation, pollutant assimilative process analysis, it is concluded that the environmental impact could be localized within a limited area and any adverse effect on the aquatic ecosystem was unlikely to be caused remarkably. Finally, some comments on efficient operation of the diffuser system are also given.

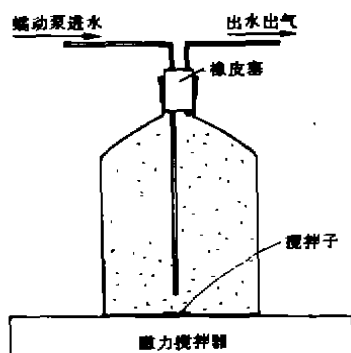


图1 悬浮生长法装置

与自来水配制进水。营养比例为：苯酚：脲：磷酸二氢钾=100:10:5。用NaOH调节进水pH值。配水时，不另加无机盐与各种维生素。

(二) 实验过程

1. 培养

根据细菌驯化方法的研究，苯酚好氧污泥在停止曝气几天后，即能以兼性或厌氧方式降解苯酚。因此，本实验先强化培养出一定量纯苯酚好氧污泥，再用这些污泥接种驯化。

将苯酚好氧污泥与苯酚加入反应器内，使混和后酚浓度为452mg/l。不断摇动反应器，19天后，酚浓度降为49mg/l。再一次向反应器内投加苯酚，使其浓度上升到475mg/l，不断混和，19天后酚浓度降为25mg/l。两次投料酚浓度变化曲线见图2。

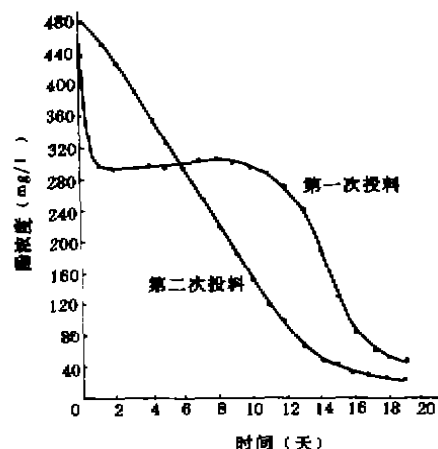


图2 培养过程中酚浓度的变化

两曲线表明，第1次投料后，1天内酚浓度迅速降低了156mg/l；随后10天，变化不大，甚至稍有升高。第二次投料的反应，不具备上述特征。这一现象有待于更深入地研究。

2. 实验

以水力停留时间(HRT)为控制参数，从开始的30天至结束时的1天，共分5种情况；进水酚浓度均大于1000mg/l。运行数据见表1。

根据表1数据作苯酚容积负荷—去除率关系曲线(图略)，结果表明，在实验条件下，苯酚容积负荷超过 $0.8\text{kg}/\text{m}^3\cdot\text{d}$ 时，悬浮生长法反应器的酚去除率迅速下降。

表1 5种水力停留时间悬浮生长法运行数据

HRT (d)	进 水			出 水			运行 时间 (d)	MLSS (g/l)	去除率		容 积 负 荷	
	pH	COD _{Cr} (mg/l)	苯 酚 (mg/l)	pH	COD _{Cr} (mg/l)	苯 酚 (mg/l)			COD (%)	苯 酚 (%)	COD _{Cr} (kg/m ³ ·d)	苯 酚 (kg/m ³ ·d)
30.0	9.85	2797	1052	6.75	115	32	55	1.838	95.9	97.0	0.09	0.04
15.0	9.71	2933	1178	6.52	131	37	13	—	95.5	96.9	0.20	0.08
7.5	9.75	3212	1288	6.40	167	47	19	2.684	94.8	96.4	0.43	0.17
1.6	9.88	3203	1275	6.35	223	58	16	2.784	93.0	95.5	2.00	0.80
1.0	10.30	2550	1035	6.45	309	111	21	2.664	87.9	89.3	2.55	1.04

三、填料床法

(一) 实验装置与方法

本实验采用开口的上流式反应器，容积15升，高1500mm，其中下部350mm为污泥层，上部1130mm为软性填料层，超高20mm，从上至下每隔200mm开一只取样口(如图3)，反应

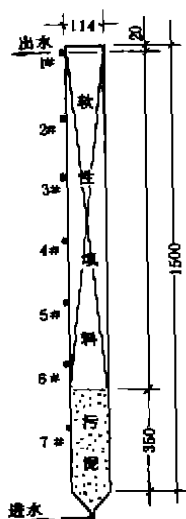


图3 上流式反应器

器置于35℃恒温箱内, 进水同悬浮生长法。

(二) 实验过程

1. 培菌

本实验用混和污泥培菌, 污泥来自: (1) 生活污水厂厌氧污泥; (2) 煤气厂废水好氧污泥; (3) 煤气厂下水道污泥。3种污泥等体积投入反应器进行驯化。反应器内酚浓度变化规律与用纯苯酚好氧污泥驯化时相同。

2. 实验

该过程经历了4种水力停留时间, 即从开始的10天, 降到最终的1.5天; 整个过程进出水酚浓度变化及运行数据见表2。

由表2数据可见, 苯酚容积负荷—去除率的关系, 在实验条件下, 污染物负荷大于0.5kg 酚/m³·d时, 推流式填料床反应器的苯酚去除率迅速下降。

表2 4种水力停留时间填料床运行数据

HRT (d)	进 水		出 水		运行时间 (d)	酚去除率 (%)	容积负荷 (kg 酚 /m ³ ·d)
	pH	苯 酚 (mg/l)	pH	苯 酚 (mg/l)			
10.0	8.30	1020	7.12	22	20	97.8	0.10
5.0	9.30	1178	7.02	51	46	95.7	0.24
2.5	9.96	1288	6.72	94	21	92.7	0.52
1.5	10.30	1035	6.57	158	10	84.7	0.69

正常, 出水效果会更好。

本实验的厌氧填料床没有密封, 因此最上层有大量兼性菌。后接的好氧反应器在启动时, 无需另外接种。填料床出水直接曝气, 一周后即能完成挂膜。

四、厌氧——好氧系统初探

在厌氧填料床后接一容积为2.5升的好氧反应器, 用软性填料; 反应器水力停留时间6小时, 接入两周后结果见表3。

表3 好氧反应器初步运行数据

进 水 (填料床出水)			好氧出水			去除率	
pH	COD _{Cr} (mg/l)	苯 酚 (mg/l)	pH	COD _{Cr} (mg/l)	苯 酚 (mg/l)	COD (%)	苯 酚 (%)
6.57	356	158	8.0	41	1.9	88.5	98.8

从表3可见, 在一级厌氧填料床超负荷运转状态下, 好氧反应器出水酚浓度为1.9mg/l, 达到三级排放标准。如果一级厌氧填料床运转

五、讨 论

(一) 两种反应器效果比较

从表1、2看出, 完全混和式的悬浮生长法比推流式的填料床法, 在处理苯酚时, 能适应更高的负荷。容积负荷—出水浓度曲线(图4)表明, 在低负荷时(容积负荷低于0.25kg 酚/m³·d), 填料床效果优于悬浮生长法; 而在负荷继续升高后, 填料床效果变差。这是由于在负荷很低时,

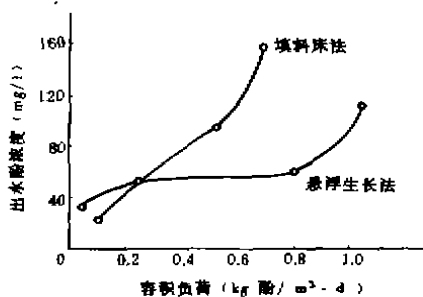


图4 容积负荷—出水酚浓度曲线

酚的毒性抑制作用还没能表现出来。根据一般的反应规律，推流式效果较完全混和式好。当负荷升高后，推流式反应器下部的苯酚开始抑制微生物活性，因此反应效果变差。悬浮生长法由于呈完全混和式，反应器内进入的高浓度含酚废水迅速稀释，酚的毒性抑制作用较小。

(二) 厌氧反应程度与填料床特性

在填料床HRT=1.5天稳态下，不同取样口pH、COD_{cr}、酚及COD_{cr}/苯酚的比值见表4。

表4 HRT=1.5天稳态下不同取样口数据

项 目 \ 取 样 口	1*	3*	5*	6*	进水
pH	6.62	6.62	7.20	9.23	10.30
COD _{cr} (mg/l)	358	380	1001	1855	2550
苯 酚 (mg/l)	158	160	432	794	1035
COD _{cr} /苯酚	2.25	2.38	2.32	2.34	2.46

表4表明，进出水及填料床不同高度处COD_{cr}/苯酚的数值，在2.25~2.46范围内波动，变化不大。这证明，在反应器的任一高度，COD的主要成份是苯酚，有机酸或其他小分子物质都很少。由于实验过程中没有发现污泥的累积，因此未排泥。可以推测，降解的苯酚，大都经历了厌氧的全过程，转化为气态物质逸出。

表4表明，COD_{cr}与苯酚随反应器取样口高度的上升同步减小，pH数据也表明了相同的规律。试验还表明，最大的降解速度没有出现在反应器底部，而是在反应器高度约500~800mm处，即酚浓度200~800mg/l范围内。

研究表明，尽管液体在填料床内呈推流状态，但从高度上未能区分酸化段与产生甲烷段，即反应器不同高度处都进行着同样的反应过程：任何地方都不存在有机酸的累积。苯酚在厌氧降解时，苯环的开链(水解)过程控制整个反应。

(三) 可生化性试验

在填料床HRT=2.5天稳态下，取进、出水做可生化性试验。试验时，进、出水酚浓度分别为1288与94mg/l，以出水作进水的接种水，出水本身不接种。该试验表明，出水的可生化性非常好，而进水呈不可生化。原因是，出水酚浓度较低，对微生物的抑制作用较小，并且出水中有大量兼性菌。

六、结 论

(一) 小试表明，厌氧法可用于高浓度含酚废水的预处理：在后接二级好氧处理装置后，能够达到99.8%以上的苯酚去除率，出水达到排放标准。本系统通过中试后有可能转化成实用。

(二) 厌氧悬浮生长法比推流式的填料床能适应更高的酚负荷；在两者的容积负荷分别为1.0与0.6kg酚/m³·d时，单级厌氧处理都能达到90%以上的苯酚去除率。

(三) 在非严格厌氧条件下，反应器出水有良好的可生化性：在后接好氧接触氧化法处理时，填料的挂膜无需另外接种。

(四) 与其他研究相比，本研究有两特点：1. 反应器不密封；2. 反应器进水中不投加无机盐与维生素。这是便于管理、减少费用，更有现实性。

参 考 文 献

- [1] Healy, J. B. et al, Appl. Envir. Microbiol., 35, 216~218(1978)
- [2] Wang, Y. T. et al, J. WPCF, 58, 227(1986)

(收稿日期：1989年9月11日)